Benutzer-Handbuch

EtherCAT® Schnittstelle für digitale Massendurchfluss- und Druckmessgeräte / -regler

Doc. no.: 9.19.063E Date: 17-12-2014

ATTENTION
Es wird empfohlen, das vorliegende Benutzer-Handbuch vor dem Einbau und vor der Inbetriebnahme des Produktes sorgfältig zu lesen. Die Nichtbeachtung der Anleitung kann Personenschäden und/oder Beschädigungen der Anlage zur Folge haben.

Hauptsitz: Nijverheidsstraat 1a, NL-7261 AK Ruurlo, Niederlande, Tel. +31 573 458800, info@bronkhorst.com

Haftungsausschluss

Auch wenn die Informationen in diesem Handbuch geprüft wurden und als vollkommen zuverlässig erachtet werden, übernehmen wir keine Verantwortung für Ungenauigkeiten. Die Angaben in diesem Handbuch dienen lediglich der Information und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Bronkhorst High-Tech B.V.
Dezember 2011

Symbole

Wichtige Informationen. Die Nichtbeachtung dieser Informationen könnte Verletzungen von Personen oder Schäden am Instrument oder an der Installation zur Folge haben.

Hilfreiche Informationen. Diese Informationen erleichtern die Verwendung des Instruments.

Zusätzliche Informationen erhalten Sie im Internet oder von unserem lokalen Vertriebspartner.

Gewährleistung

Für Produkte von Bronkhorst gilt eine Gewährleistung für Material- und Verarbeitungsfehler für einen Zeitraum von 3 Jahren ab dem Versanddatum, vorausgesetzt, dass das Produkt entsprechend den Bestellspezifikationen verwendet und weder unsachgemäßem Gebrauch noch Schäden durch mechanische Einwirkungen ausgesetzt wird. Produkte, die nicht einwandfrei funktionieren, können während der Gewährleistungsfrist kostenlos repariert oder ausgetauscht werden. Für Reparaturen gilt in der Regel eine Gewährleistungsfrist von einem Jahr, es sei denn, die restliche Gewährleistungsfrist ist länger.

Siehe auch Artikel 9 der Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen:
http://www.bronkhorst.com/files/corporate_headquarters/sales_conditions/en_general_terms_of_sales.pdf

Die Gewährleistung gilt für alle offenen und verdeckten Mängel, Zufallsfehler und nicht bestimmbare Ursachen.

Ausgeschlossen sind Störungen und Schäden, die vom Kunden verursacht wurden, wie z.B. Kontaminationen, fehlerhafter elektrischer Anschluss, mechanische Einwirkungen usw.

Für die Wiederherstellung von Produkten, die zur Reparatur eingesandt wurden, bei denen ein Gewährleistungsanspruch aber nicht oder nur teilweise besteht, werden die Kosten entsprechend in Rechnung gestellt.

Bronkhorst High-Tech B.V. oder ein mit ihr verbundenes Unternehmen trägt die Versandkosten für ausgehende Sendungen von Geräten und Teilen, die im Rahmen unserer Gewährleistung verschickt werden, sofern im Voraus nichts anderes vereinbart wurde. Erfolgt die Anlieferung in unserem Werk oder bei unserer Servicestelle unfrei, werden die Versandkosten den Reparaturkosten hinzugeschlagen. Import- und/oder Exportabgaben sowie Kosten ausländischer Versandarten/Speditionen trägt der Kunde.

Inhaltsverzeichnis

1 ALLGEMEINE PRODUKTINFORMATIONEN 4

1.1 EINFÜHRUNG 4

1.2 MULTIBUSTYPEN 4

1.2.1 Verweise auf andere anwendbare Dokumente 5

1.2.2 Handbücher und Benutzeranleitungen 5

1.2.3 Technische Zeichnungen 5

1.2.4 Softwaretools 5

1.3 START IN KURZFORM 6

2 GRUNDLAGEN VON ETHERCAT 7

2.1 ETHERCAT STATE MACHINE 8

3 INSTALLATION 9

3.1 INSTRUMENTÜBERSICHT 9

3.2 PINBELEGUNG 9

3.3 ANSCHLUSSKABEL 10

3.4 ETHERCAT-ANSCHLUSS 10

3.5 VERLEGUNG UND SCHIRMUNG DES BUSKABELS 11

3.6 BUSABSCHLUSS 11

3.7 EINRICHTUNG EINER ZWEITEN ADRESSE 11

4 PROTOKOLLE 12

4.1 CAN APPLICATION LAYER OVER ETHERCAT (COE) 12

4.1.1 Objektverzeichnis 12

4.1.1.1 Objektverzeichnis in der Gerätebeschreibungsdatei (ESI) 12

4.1.1.2 Erzeugtes Objektverzeichnis 13

4.2 PROZESSDATEN (PDO) 13

5 UNTERSTÜTZUNG DES GERÄTEPROFILS DS-404 14

6 DIAGNOSE 15

6.1 ETHERCAT-STATUSANZEIGE 15

6.1.1 Laufanzeige 15

6.1.2 Fehleranzeige 15

7 SERVICE 16

ANHANG A: OBJEKTVERZEICHNIS 17

ANHANG B: SI UNIT UND PREFIX SPEZIFIKATION 23

ANHANG C: NON-SI UNIT SPECIFICATION 24

1 ALLGEMEINE PRODUKTINFORMATIONEN

1.1 EINFÜHRUNG

Ethernet for Control Automation Technology (EtherCAT) ist ein offenes leistungsstarkes Ethernet-basiertes Feldbussystem. Ziel bei der Entwicklung von EtherCAT war die Anwendung von Ethernet auf Automatisierungsapplikationen, die kurze Datenupdatezeiten (auch Zykluszeiten genannt) und geringen Kommunikationsjitter (für Synchronisationszwecke) bei niedrigen Hardwarekosten erfordern. Bronkhorst[1)] implementierte EtherCAT [2)] in seinen Instrumenten.

Typische Automatisierungsnetzwerke zeichnen sich durch eine kurze Datenlänge pro Knoten aus, die normalerweise die minimale Payload eines Ethernet-Frames unterschreitet. Die Verwendung eines Frames pro Knoten pro Zyklus führt daher zu einer geringen Bandbreitennutzung und dadurch zu einer schlechten Netzwerkleistung insgesamt. EtherCAT verfolgt daher einen anderen Ansatz, der als „Processing on the fly“ bezeichnet wird.

Bei EtherCAT wird das Ethernet-Paket bzw. der Frame nicht länger bei jedem Knoten empfangen, dann interpretiert und als Prozessdaten kopiert. Die EtherCAT-Slave-Geräte lesen die an sie adressierten Daten, während das Telegramm das Gerät durchläuft. Ebenso werden die Eingangsdaten im Durchlauf in das Telegramm eingefügt. Die Frames sind nur um den Bruchteil einer Mikrosekunde in jedem Knoten verzögert, und mit nur einem Frame können viele Knoten - normalerweise das gesamte Netzwerk - adressiert werden.

Die kurzen Zykluszeiten können erreicht werden, weil die Host-Mikroprozessoren in den Slave-Geräten nicht mit der Verarbeitung der Ethernet-Pakete zur Übertragung der Prozessabbilder befasst sind. Die gesamte Prozessdatenkommunikation wird in der Slave-Controller-Hardware durchgeführt. In Kombination mit den Funktionsprinzipien wird EtherCAT dadurch zu einem leistungsstarken dezentralen E/A-System: Der Prozessdatenaustausch mit 1000 verteilten digitalen E/A dauert etwa 30 µs, was für eine Übertragung von 125 Byte über 100Mb/s-Ethernet typisch ist. Daten für und von 100 Servoachsen können mit bis zu 10 kHz aktualisiert werden. Typische Netzwerkupdateraten sind 1-30 kHz, aber EtherCAT kann auch mit langsameren Zykluszeiten verwendet werden, wenn die DMA-Belastung auf Ihrem PC zu hoch ist.

1) Bronkhorst: Dies beinhaltet Bronkhorst High-Tech B.V., Bronkhorst Cori-Tech B.V. und M+W Instruments GmbH
2) EtherCAT®: EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.

1.2 MULTIBUSTYPEN

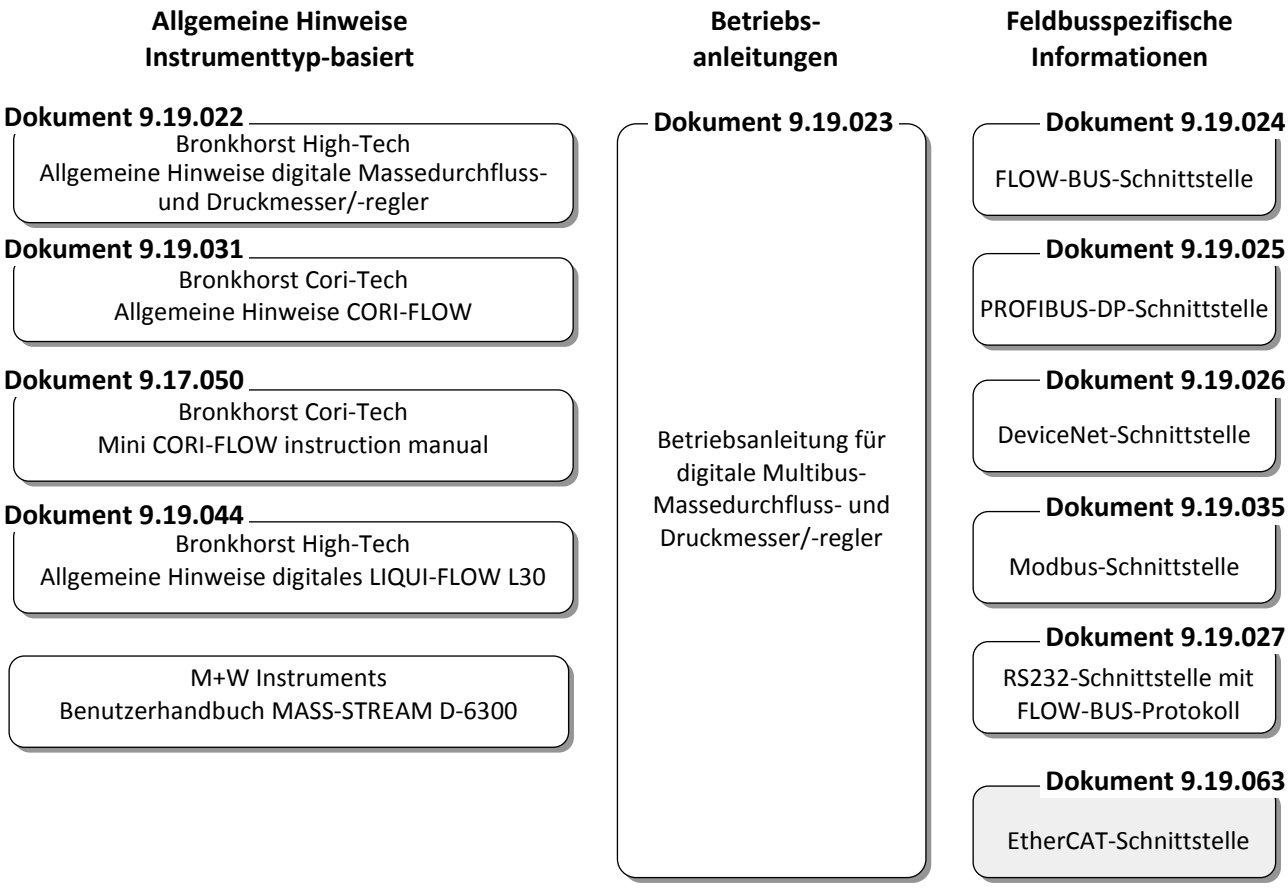
Im Jahr 2000 entwickelte Bronkhorst seine ersten digitalen Instrumente nach dem „Multibus“-Prinzip. Die Grundplatine der Instrumente enthielt alle allgemeinen Funktionen, die zum Messen und Regeln des Masseflusses notwendig waren, darunter Alarm-, Summier- und Diagnosefunktionen. **Analoge** E/A-Signale sowie eine **RS232**-Schnittstelle waren hierbei Standard. Ergänzend dazu können Zusatzschnittstellen mit **DeviceNet™**, **Profibus-DP®**, **Modbus** oder **FLOW-BUS**-Protokolle integriert werden. Die erste Generation (**MBC-I**) basierte auf einem 16-Bit-Controller von Fujitsu. Sie wurde 2003 durch den Multibus Typ 2 (**MBC-II)** abgelöst. Auch diese Version basierte auf dem 16-Bit-Controller von Fujitsu, zeichnete sich jedoch durch einige Verbesserungen gegenüber dem MBC-I aus, darunter die Stromsteuerung des Ventils. Dadurch wurden die Wärmeerzeugung reduziert und die Regeleigenschaften verbessert. Die neueste Version des Multibus-Controllers Typ 3 (**MBC3**) wird 2011 eingeführt. Sie baut auf einem 72 MHz 32 Bit NXP ARM Controller auf und verfügt über AD- und DA-On-Board-Controller, wodurch eine störfreie Messung und Regelung des Ventils ohne Verzögerungen ermöglicht wird. Der interne Regelkreis ist 6 Mal schneller verglichen mit dem MBC-II, weshalb sich die Regelstabilität deutlich verbessert hat. Außerdem wurden Funktionen wie der Verpolungsschutz, die Einschaltstrombegrenzung und der Überspannungsschutz verbessert.

MBC3-Instrumente sind an dem links unten auf dem Typenschild platzierten „MBC3“ zu erkennen (siehe Beispiel).

1.2.1 Verweise auf andere anwendbare Dokumente

Die Handbücher und Anleitungen für digitale Instrumente sind modular aufgebaut. Allgemeine Hinweise enthalten Informationen über die Funktionsweise und Installation der Instrumente. Betriebsanleitungen erläutern die Nutzung der Merkmale und Parameter der digitalen Instrumente. Feldbusspezifische Informationen dienen zur Erklärung der Installation und Verwendung des im Instrument installierten Feldbusses.

1.2.2 Handbücher und Benutzeranleitungen



1.2.3 Technische Zeichnungen

Anschlussplan EtherCAT (Dokument Nr. 9.18.098)

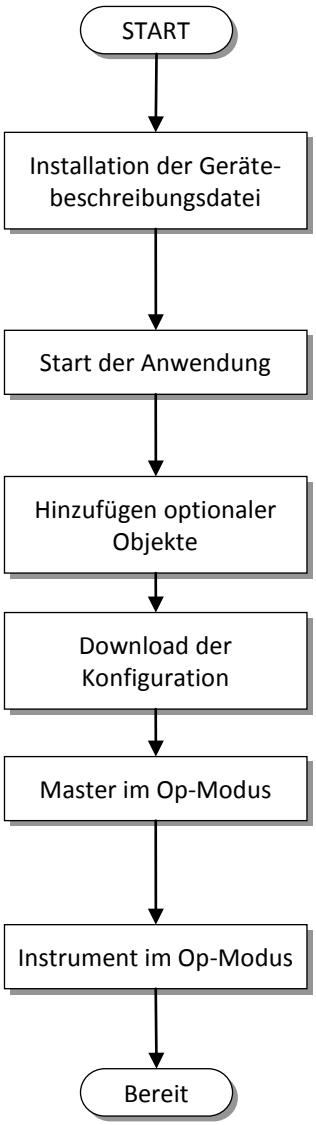
1.2.4 Softwaretools

FlowFix
FlowDDE

Alle diese Dokumente finden Sie unter:
http://www.bronkhorst.com/en/downloads

1.3 START IN KURZFORM

Alle notwendigen Einstellungen für dieses Modul wurden bereits von Bronkhorst vorgenommen.
Der schnellste Weg, dieses Modul in Ihrer eigenen EtherCAT-Umgebung betriebsfähig zu machen, ist die sorgfältige Ausführung der folgenden Schritte.



Bronkhorst stellt eine EtherCAT-Gerätebeschreibungsdatei bereit (xml-Format). Diese Datei enthält Informationen, die den Master bei der Konfiguration des Instruments unterstützen. Die Gerätebeschreibungsdatei muss in dem vom Master vorgegebenen Verzeichnis abgelegt werden, z.B. bei Verwendung von TwinCAT unter C:\TwinCAT\Io\EtherCAT.

Starten Sie die Master-Anwendung.

Optional: Fügen Sie den PDO-Mapping-Objekten 0x1700 und/oder 0x1B00 Objekte hinzu.

Lassen Sie die Master-Anwendung die Konfiguration herunterladen und aktivieren Sie sie.

Die Master-Anwendung zeigt an, dass sie im *Op*-Modus läuft.

Die Status-LED des Instruments zeigt an, dass es im *Op*-Modus läuft.

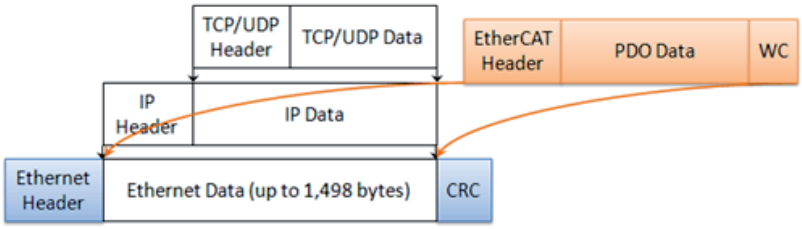
Bit 0 von Objekt 0x6425:01 "CO Control Byte" soll 1 sein, um den PID Controller zu aktivieren.
(bit 0 = Controller an/aus).

Der PID Controller ist durch Default aktiviert. Da dieses Objekt in den Prozessdaten (PDO) integriert ist, kann der Wert 0 auch durch den EtherCAT Master eingetragen werden nach Erreichen des Betriebszustandes.

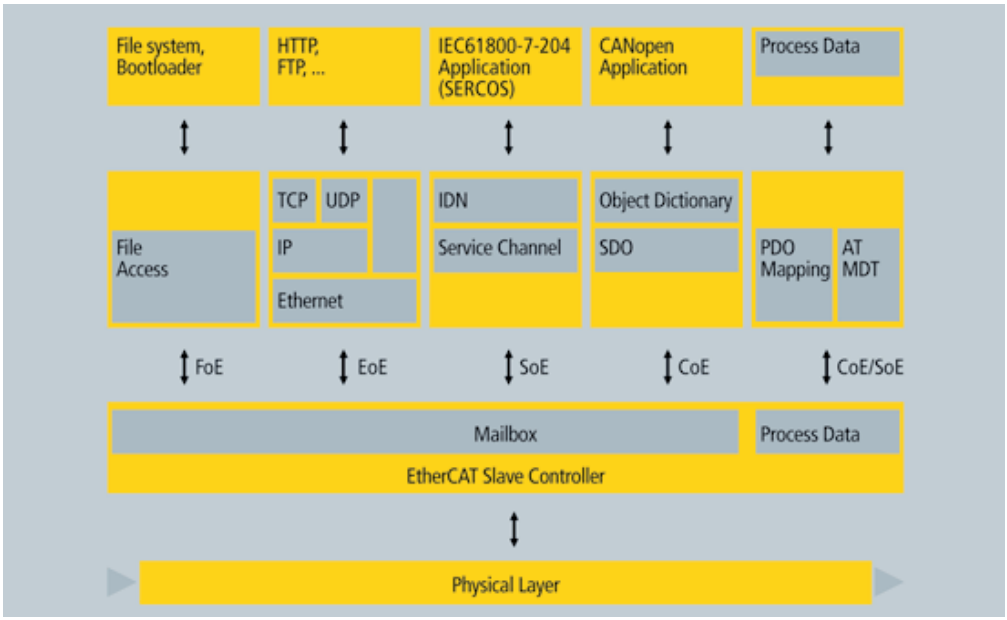
Siehe auch ANHANG A: OBJEKTVERZEICHNIS, Beschreibung von 0x6425 'CO Control byte'.

2 GRUNDLAGEN VON ETHERCAT

Beim EtherCAT-Protokol werden die Daten direkt innerhalb eines Standard-Ethernet-Frames transportiert, ohne dabei die Grundstruktur zu ändern. Wenn sich der Master-Controller und die Slave-Geräte im selben Subnetz befinden, ersetzt das EtherCAT-Protokoll lediglich das Internetprotokoll (IP) im Ethernet-Frame.

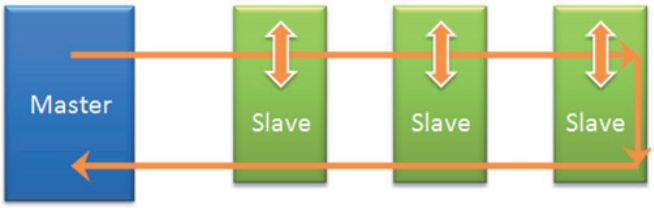


Daten werden in Form von Prozessdatenobjekten (PDO) zwischen Master und Slaves ausgetauscht. Jedes PDO besitzt eine Adresse, die auf einen bestimmten Slave oder mehrere Slaves verweist, und diese Kombination aus „Daten und Adresse“ (plus dem Working Counter zur Validierung) ergibt ein EtherCAT-Telegramm. Ein Ethernet-Frame kann mehrere Telegramme enthalten, und eventuell sind mehrere Frames erforderlich, um alle Telegramme für einen Regelzyklus zu erfassen.



Mehrere Geräteprofile und Protokolle können nebeneinander bestehen

Bei manchen Echtzeitprotokollen sendet der Master-Controller ein Datenpaket und muss dann warten, bis die Prozessdaten an jedem Slave-Knoten interpretiert und kopiert werden. Allerdings lässt sich diese Methode des Determinismus unter Umständen nur schwer aufrecht erhalten, da der Master-Controller eine bestimmte Menge an Verarbeitungszeit und Jitter pro Slave hinzufügen und verwalten muss. Für die EtherCAT-Technologie gelten diese Systemeinschränkungen nicht, da jeder Ethernet-Frame während der Ausführung verarbeitet wird. Man kann den Ethernet-Frame beispielsweise mit einem fahrenden Zug und die EtherCAT-Telegramme mit Waggons vergleichen. Die Bits der PDO-Daten sind die Passagiere in den Waggons. Diese Bits (Passagiere) können durch die entsprechenden Slaves (Haltestellen) gelesen oder beschrieben werden (ein- und aussteigen). Der gesamte „Zug“ läuft ohne anzuhalten durch alle Slave-Geräte, und der letzte Slave schickt ihn wieder durch alle Slaves zurück.



Trifft am Gerät 1 ein vom Master geschicktes Ethernet-Paket ein, wird automatisch die Übertragung des Pakets an Gerät 2 gestartet, während gleichzeitig mit einer Verzögerung von nur wenigen Nanosekunden in das Paket gelesen oder geschrieben wird. Da das Paket immer weiter von Slave zu Slave übergeben wird, kann es in mehreren Geräten zur selben Zeit existieren. Was bedeutet dies in der Praxis? In einer Beispielanwendung werden 50 Slave-Geräte eingesetzt und unterschiedliche Daten an jeden Slave geschickt. Für Implementierungen ohne EtherCAT kann das heißen, dass 50 unterschiedliche Pakete verschickt werden. Mit EtherCAT wird ein langes Paket gesendet, das alle

Slaves durchläuft. Das Paket enthält also Datenwerte für 50 Geräte. Falls jedoch alle Slaves dieselben Daten erhalten müssen, wird ein kurzes Paket verschickt und alle Slaves lesen denselben Teil des Pakets, während es übertragen wird. So werden Geschwindigkeit und Bandbreite der Datenübertragung optimiert.

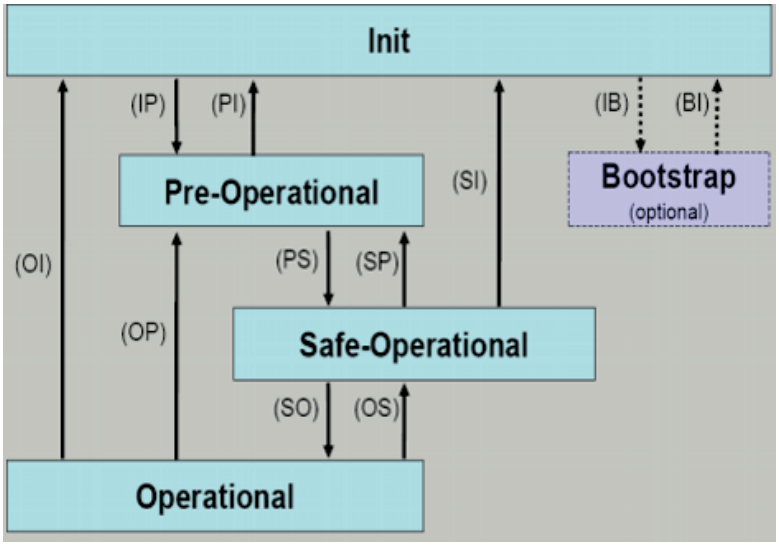
2.1 EtherCAT State Machine

Über die EtherCAT State Machine (ESM) wird der Zustand des EtherCAT-Slaves gesteuert. Je nach Zustand sind unterschiedliche Funktionen im EtherCAT-Slave zugänglich bzw. ausführbar. In jedem Zustand, insbesondere während des Hochlaufs des Slaves, müssen spezifische Befehle vom EtherCAT-Master zum Gerät gesendet werden.

Es werden folgende Zustände unterschieden:

- Init
- Pre-Operational
- Safe-Operational
- Operational
- Bootstrap

Regulärer Zustand eines jeden EtherCAT-Slaves nach dem Hochlauf ist der Status Operational.



Init

Nach dem Einschalten befindet sich der EtherCAT-Slave im Zustand *Init*. Dort ist weder Mailbox- noch Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle 0 und 1 für die Mailbox-Kommunikation.

Pre-Operational (Pre-Op)

Beim Übergang von *Init* nach *Pre-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Mailbox korrekt initialisiert wurde.
Im Zustand *Pre-Op* ist Mailbox-Kommunikation, aber keine Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle für Prozessdaten (ab Sync-Manager-Kanal 2), die FMMU-Kanäle und das PDO-Mapping oder das Sync-Manager-PDO-Assignment.

Safe-Operational (Safe-Op)

Beim Übergang von *Pre-Op* nach *Safe-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Sync-Manager-Kanäle für die Prozessdatenkommunikation korrekt sind. Bevor er den Zustandswechsel quittiert, kopiert der EtherCAT-Slave aktuelle Eingangsdaten in die entsprechenden DP-RAM-Bereiche des EtherCAT-Slave-Controllers (ECSC). Im Zustand *Safe-Op* ist Mailbox- und Prozessdatenkommunikation möglich, allerdings hält der Slave seine Ausgänge im sicheren Zustand. Die Eingangsdaten werden zyklisch aktualisiert.

Operational (Op)

Bevor der EtherCAT-Master den EtherCAT-Slave von *Safe-Op* nach *Op* schaltet, muss er bereits gültige Ausgangsdaten übertragen.
Im Zustand *Op* kopiert der Slave die Ausgangsdaten des Masters auf seine Ausgänge. Es sind Prozessdaten- und Mailbox-Kommunikation möglich.

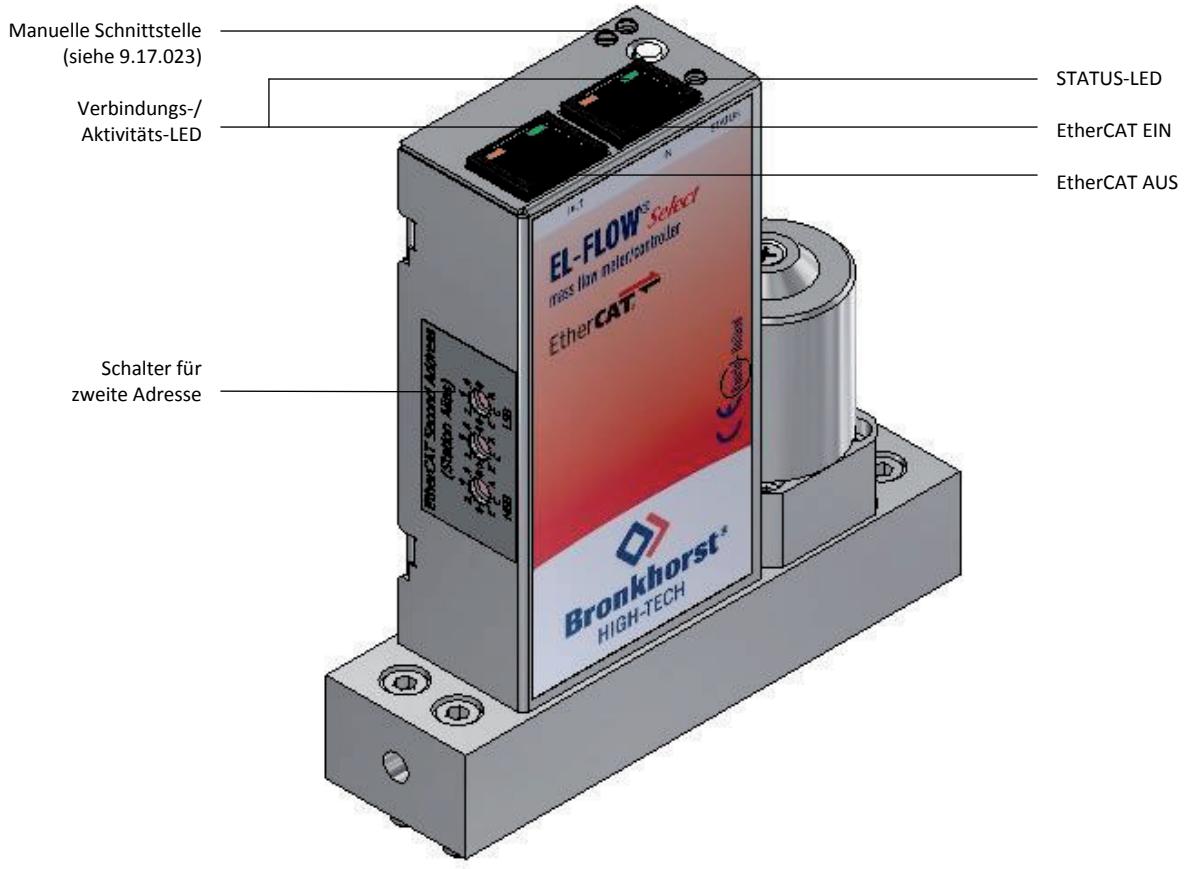
Bootstrap

Im Zustand *Bootstrap* kann ein Update der Slave-Firmware vorgenommen werden. Der Zustand *Bootstrap* ist nur über den Zustand *Init* zu erreichen.
Im Zustand *Bootstrap* ist Mailbox-Kommunikation über das Protokoll *File Access over EtherCAT* (FoE) möglich, aber keine andere Mailbox-Kommunikation und keine Prozessdatenkommunikation

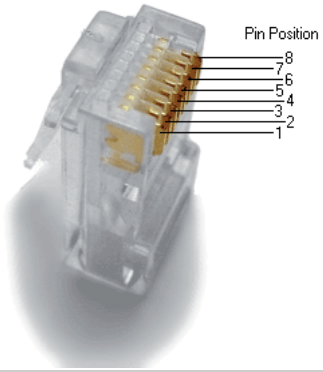
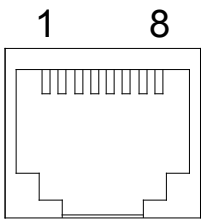
EtherCAT-Instrumente von Bronkhorst unterstützen den Zustand Bootstrap *nicht.*

3 INSTALLATION

3.1 INSTRUMENTÜBERSICHT



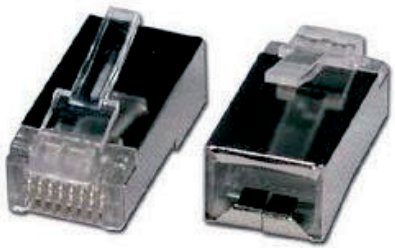
3.2 PINBELEGUNG

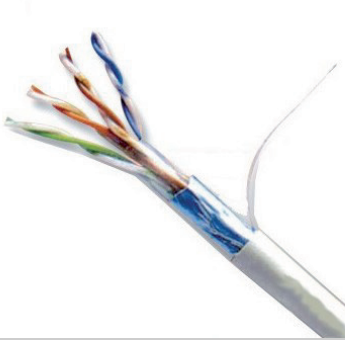
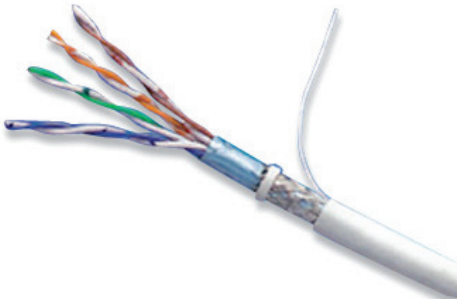
RJ45-Steckverbinder	Anschlussbuchse	Pinnummer	Beschreibung
		1	Übertragen +
		2	Übertragen -
		3	Empfangen +
		4	Nicht belegt
		5	Nicht belegt
		6	Empfangen -
		7	Nicht belegt
		8	Nicht belegt

3.3 ANSCHLUSSKABEL

Als Anschlusskabel können Ethernet-Patch- oder Crossover-FTP- oder SFTP-Kabel in CAT5e-Qualität verwendet werden. Für ein EtherCAT-Netzwerk sind Kabellängen von 0,15 bis 100 m zulässig.

Wenn Sie die Kabel selbst herstellen möchten, muss unbedingt eine geeignete Crimpzange verwendet werden. Kontrollieren Sie anschließend die Qualität mit einem Kabeltester, um Übertragungsprobleme zu vermeiden.

RJ45-FTP-CAT.5e-Kabel	Geschirmte RJ45-Steckverbinder
	

FTP-Kabel	SFTP-Kabel
	

CAT.5e-Kabel sind mit folgendem Draht erhältlich:
26 AWG (Drahtdurchmesser 0,140 mm^2 mit einem Widerstand von 137 Ohm/km).
24 AWG (Drahtdurchmesser 0,205 mm^2 mit einem Widerstand von 86 Ohm/km).

Weitere Informationen über Cat.5e-Kabel finden Sie unter:
http://en.wikipedia.org/wiki/Category_5_cable

3.4 ETHERCAT-ANSCHLUSS

Die Instrumente von Bronkhorst sind mit einer linearen Busstruktur mit zwei RJ45-Steckverbindern ausgerüstet. Der EtherCAT-Master wird (ggf. über EtherCAT-Slaves) mit einem geschirmten Twisted-Pair-Kabel an „EtherCAT EIN“ (RJ45) angeschlossen. Andere EtherCAT-Instrumente werden über „EtherCAT AUS“ (RJ45) angeschlossen.

Nach IEC 802.3 beträgt die maximale Kabellänge für 100-MBaud-Ethernet 100 m (100BaseT), z.B. zwischen zwei Instrumenten.

3.5 VERLEGUNG UND SCHIRMUNG DES BUSKABELS

Verwenden Sie nur geschirmte Kabel und Verbindungselemente, die auch die Anforderungen der Kategorie 5, Klasse 2 nach IEC 11801, Ausgabe 2.0 erfüllen.

Eine fachgerechte Schirmung des Buskabels dämpft die elektrischen Einstreuungen, die in industrieller Umgebung auftreten können. Mit den folgenden Maßnahmen erreichen Sie die bestmögliche Schirmung:

- Ziehen Sie die Befestigungsschrauben von Steckern, Modulen und Potenzialausgleichsleitungen handfest an.
- Verwenden Sie nur Stecker mit Metallgehäuse oder metallisiertem Gehäuse.
- Schließen Sie die Schirmung im Stecker großflächig an.
- Legen Sie die Schirmung der Buskabel beidseitig auf.
- Verlegen Sie die Signal- und Buskabel in getrennten Kabelkanälen. Verlegen Sie sie nicht parallel zu Leistungskabeln (Motorleitungen).
- Führen Sie das Signalkabel und den zugehörigen Potenzialausgleich, falls erforderlich, in geringem Abstand zueinander auf kürzestem Weg.
- Führen Sie das Buskabel eng an vorhandenen Masseflächen entlang.

Bei Erdpotenzialschwankungen kann über den beidseitig angeschlossenen und mit dem Erdpotenzial (PE) verbundenen Schirm ein Ausgleichsstrom fließen. Sorgen Sie in diesem Fall für einen ausreichenden Potenzialausgleich.

3.6 BUSABSCHLUSS

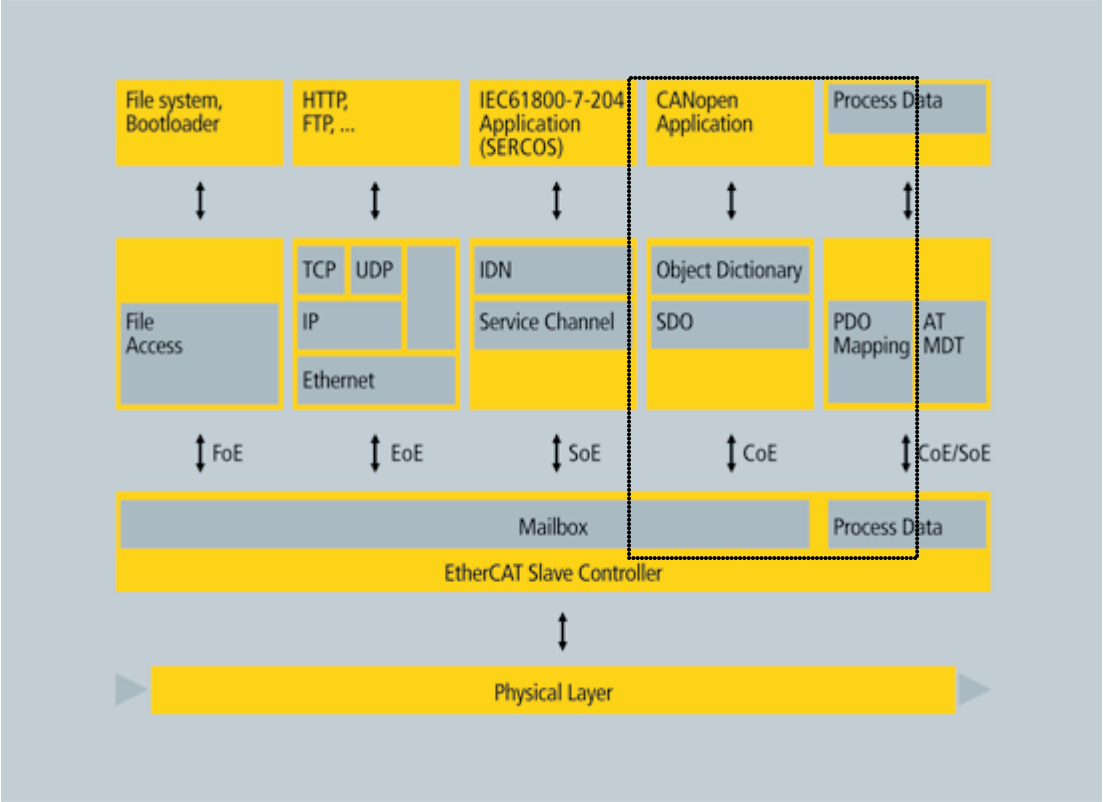
Ein Busabschluss (z.B. mit Busabschlusswiderständen) ist nicht notwendig. Wenn an ein EtherCAT-Gerät kein Folgegerät angeschlossen ist, wird dies automatisch erkannt.

3.7 EINRICHTUNG EINER ZWEITEN ADRESSE

EtherCAT unterstützt die Verwendung einer zweiten Adresse. Die Instrumente von Bronkhorst haben 3 Drehschalter, mit denen eine zweite Adresse im Bereich von 0-4095 (0xFFF) eingerichtet werden kann.
Dieser Wert der Drehschalter wird bei Hochlauf des Instruments in das „Configured Station Alias“-Register (Adresse 0x0012:0x0013) kopiert.

4 PROTOKOLLE

Instrumente von Bronkhorst unterstützen die folgenden Teile von EtherCAT: CAN application layer over EtherCAT (CoE) und Prozessdaten (PDO).



4.1 CAN APPLICATION LAYER OVER ETHERCAT (COE)

Instrumente von Bronkhorst High-Tech B.V. unterstützen das Protokoll CAN application layer over EtherCAT (CoE). Dieses Protokoll ermöglicht den Datenaustausch zwischen der Master- und Slave-Anwendung über EtherCAT mithilfe von CANopen®-Objekten. Diese Objekte sind im Objektverzeichnis beschrieben. Für den Zugriff auf die Objekte im Objektverzeichnis (Lesen oder Schreiben) wird das SDO-Protokoll verwendet.

4.1.1 Objektverzeichnis

Das Objektverzeichnis besteht aus zwei Teilen:

- den in der Gerätebeschreibungsdatei beschriebenen Objekten
- den vom Instrument selbst erzeugten Objekten für die in Dokument 9.17.023 beschriebenen Parameter.

4.1.1.1 Objektverzeichnis in der Gerätebeschreibungsdatei (ESI)

Die in der Gerätebeschreibungsdatei beschriebenen Objekte sind zwingend erforderliche Objekte. Diese Objekte sind in Anhang A: Objektverzeichnis aufgeführt. Für einige Objekte finden Sie hier auch zusätzliche Informationen über die Verwendung in Instrumenten von Bronkhorst High-Tech B.V.

Die aktuelle EtherCAT ESI-Datei kann heruntergeladen werden unter:
http://www.bronkhorst.com/en/products/accessories/software_tools/

4.1.1.2 Erzeugtes Objektverzeichnis

Alle in Instrumenten von Bronkhorst verfügbaren Parameter werden in 9.17.023 beschrieben. Der Zugriff auf diese Parameter erfolgt mittels einer Kombination von Prozess/Prozessparameternummer. Für eine Auswahl dieser Parameter werden bei Hochlauf des Instruments Objekte erzeugt und dem Objektverzeichnis hinzugefügt (im Bereich 0x2000 – 0x3000). Das Mapping der Kombination von Prozess/Prozessparameternummer zu den Objekten wird auf folgende Weise ausgeführt:

Objektindex	*= 0x2000 + Prozessnummer*
Subindex	*= Prozess parameter nummer + 1*
Subindex Kanal 1	*= Prozess parameter nummer + 1*
Subindex Kanal 2	*= Prozess parameter nummer + 1 + 100*
Subindex Kanal 3	*= Prozess parameter nummer + 1 + 200*
etc.	

Die Sub-indexes Kanal 2 und weiter sind nur für Mehrkanalsysteme anwendbar.

Beispiel:
Der DDE-Parameter 8: Measure hat die Kombination Prozess/Prozessparameternummer 1/0. Somit wird dieser Parameter dem Objektindex 0x2001 (= 0x2000 + 1) und Subindex 1 (= 0 + 1) zugeordnet.

Für die folgenden DDE-Parameter (u.a.) werden Objekte erzeugt:

8	Measure
9	Setpoint
10	Setpoint slope
21	Capacity
24	Fluid number
92	Serial number
205	fMeasure
206	fSetpoint

4.2 PROZESSDATEN (PDO)

Die Prozessdaten werden in Prozessdatenobjekten (PDO) organisiert, die mit den effizienten Mitteln von EtherCAT übertragen werden.

Objekte aus dem Objektverzeichnis, die den PDO zugeordnet werden können, können der PDO-Map vor Aktivierung der Konfiguration hinzugefügt werden. Sowohl die RxPDO-Map (0x1700) als auch die TxPDO-Map (0x1B00) können um je 20 Objekte ergänzt werden.

Anhang A: Welche Objekte aus dem Objektverzeichnis den PDO zugeordnet werden können, finden Sie in Anhang A: Objektverzeichnis.

Mit Ausnahme von Objekten, die Strings enthalten, können den PDO alle Objekte im Bereich 0x2000-0x3000 zugeordnet werden.

5 UNTERSTÜTZUNG DES GERÄTEPROFILS DS-404

Die Instrumente von Bronkhorst unterstützen die zwingend erforderlichen Objekte des Reglerfunktionsblocks von CiA (Entwurf) DS 404 V1.2, *Measurement Devices and Closed Loop Controllers (Mess- und Regelgeräte).* Diese Objekte (0x6400 – 0x7405) sind ebenfalls in Anhang A: Objektverzeichnis aufgeführt.

Das Objekt 0x6406 enthält eine Darstellung der Einheit für den Ist- und Sollwert. Diese Darstellung basiert auf der ETG.1004 *EtherCAT Unit Specification*, die nur SI-Einheiten enthält (siehe Anhang B: SI Unit UND Prefix Specification). Die Instrumente von Bronkhorst unterstützen viele Nicht-SI-Einheiten, die in Anhang C: Non-SI Unit Specification beschrieben sind.

Die Einheit wird durch einen Unsigned32-Wert mit folgender Bedeutung dargestellt:

Präfix		Zähler		Nenner		reserviert	
31	24	23	16	15	8	7	0

Beispiele:

kg/s wird dargestellt durch

Präfix	Zähler	Nenner	reserviert
0x00	0x02	0x03	0x00

wobei

Präfix = 0x00	kein Präfix bedeutet
Zähler = 0x02	kg bedeutet
Nenner = 0x03	s bedeutet

mln/min wird dargestellt durch

Präfix	Zähler	Nenner	reserviert
0xFD	0xC0	0x47	0x00

wobei

Präfix = 0xFD	10^{-3} = milli bedeutet
Zähler = 0xC0	ln bedeutet
Nenner = 0x47	min bedeutet

6 DIAGNOSE

6.1 ETHERCAT-STATUSANZEIGE

Die Instrumente von Bronkhorst verfügen über eine zweifarbige EtherCAT-Status-LED: grün und rot. Die LED zeigt den gegenwärtigen EtherCAT-Laufzustand (grün) und den gegenwärtigen Fehlerzustand (rot) an.
Die Status-LED hat sowohl für grün als auch rot mehrere Anzeigezustände, die in der nachstehenden Tabelle beschrieben werden.

Anzeigezustand	Definition
An	Die Anzeige leuchtet dauerhaft.
Aus	Die Anzeige leuchtet nicht.
Blinkend	Die Anzeige leuchtet mehrmals hintereinander 200 ms lang und 200 ms lang nicht.
Einfaches Aufleuchten	Die Anzeige leuchtet mehrmals hintereinander 200 ms lang und 1000 ms lang nicht.
Doppeltes Aufleuchten	Die Anzeige zeigt mehrmals hintereinander eine Folge von zweimaligem kurzem Aufleuchten (200 ms), unterbrochen durch eine Aus-Phase (200 ms), gefolgt von einer langen Aus-Phase (1000 ms).

6.1.1 Laufanzeige

EtherCAT-Zustand	Anzeigezustand (grün)
Init	Aus
Pre-Operational	Blinkend
Safe-Operational	Einfaches Aufleuchten
Operational	An

6.1.2 Fehleranzeige

Fehlerzustand	Anzeigezustand (rot)
Kein Fehler	Aus
• Vom Master befohlener ungültiger Zustandswechsel (z.B. von Init nach Operational) • Aufforderung zu einem Zustandswechsel in einen nicht unterstützten Zustand (z.B. Bootstrap) • Aufforderung zu einem Zustandswechsel in einen unbekannten Zustand	Blinkend
• Ungültige Mailbox-Konfiguration • Ungültige SyncManager-Konfiguration	Einfaches Aufleuchten
Watchdog-Timeout der Anwendung (z.B. bei Entfernen des EtherCAT-Kommunikationskabels)	Doppeltes Aufleuchten

7 SERVICE

Aktuelle Informationen über Bronkhorst und Serviceadressen finden Sie auf unserer Website:

http://www.bronkhorst.com

Haben Sie Fragen zu unseren Produkten? Unsere Verkaufsabteilung wird Ihnen gerne helfen, das richtige Produkt für Ihre Anwendung auszuwählen. Wenden Sie sich per E-Mail an den Verkauf:

sales@bronkhorst.com

Für Kundendienstfragen steht unsere Serviceabteilung mit Hilfe und Beratung zur Verfügung. Kontaktieren Sie den Service per E-Mail:

support@bronkhorst.com

Ungeachtet der Zeitzone stehen unsere Experten im Betreuungsbereich Ihnen zur Verfügung, um Ihre Fragen umgehend zu beantworten oder für geeignete weitere Maßnahmen zu sorgen. Unsere Experten sind erreichbar unter:

+31 573 45 88 39

ANHANG A: OBJEKTVERZEICHNIS

Die Sub-indexes 2 und weiter sind nur für Mehrkanalsysteme anwendbar.

Index	Sub Index	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	PDO mapping
0x1000		Device Type [1]	Unsigned32	RO	No
0x1008		Manufacturer Device Name	Visible String	RO	No
0x1009		Manufacturer Hardware Version	Visible String	RO	No
0x100A		Manufacturer Software Version	Visible String	RO	No
0x1018	0	Identity	Unsigned8	RO	No
	1	Vendor ID [2]	Unsigned32	RO	No
	2	Product Code	Unsigned32	RO	No
	3	Revision Number	Unsigned32	RO	No
	4	Serial Number	Unsigned32	RO	No
0x1601	0	CO RxPDO Map	Unsigned8	RO	No
	1	Mapped Object 1	Unsigned32	RO	No
	2	Mapped Object 2	Unsigned32	RO	No
	3	Mapped Object 3	Unsigned32	RO	No
0x1700	0	RxPDO Map	Unsigned8	RW	No
	1	Mapped Object 1	Unsigned32	RW	No
	2	Mapped Object 2	Unsigned32	RW	No
	:				
	20	Mapped Object 20	Unsigned32	RW	No
0x1A01	0	CO TxPDO Map	Unsigned8	RO	No
	1	Mapped Object 1	Unsigned32	RO	No
	2	Mapped Object 2	Unsigned32	RO	No
	3	Mapped Object 3	Unsigned32	RO	No
0x1B00	0	TxPDO Map	Unsigned8	RW	No
	1	Mapped Object 1	Unsigned32	RW	No
	2	Mapped Object 2	Unsigned32	RW	No
	:				
	20	Mapped Object 20	Unsigned32	RW	No
0x1C00	0	SyncManager Communication Type	Unsigned8	RO	No
	1	Communication Type SM0	Unsigned8	RO	No
	2	Communication Type SM1	Unsigned8	RO	No
	3	Communication Type SM2	Unsigned8	RO	No
	4	Communication Type SM3	Unsigned8	RO	No
0x1C12	0	SyncManager 2 PDO Assignment	Unsigned8	RW	No
	1	PDO Mapping Table 0	Unsigned16	RW	No
	2	PDO Mapping Table 1	Unsigned16	RW	No
0x1C13	0	SyncManager 3 PDO Assignment	Unsigned8	RW	No
	1	PDO Mapping Table 0	Unsigned16	RW	No
	2	PDO Mapping Table 1	Unsigned16	RW	No

[1] Device Type = 0x00100194; Dies bedeutet, dass die Steuerung der Device Funktionsblock DS-404 implementiert wird.
[2] Bronkhorst High-Tech B.V. Vendor ID is 1387 (0x0000056B)

Index	Sub Index	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	PDO mapping
0x6400	0	CO Effective current value Xeff	Unsigned8	RO	No
	1	CO Effective current value Xeff 1	Float	RW	Possible
	2	CO Effective current value Xeff 2	Float	RW	Possible
	3	CO Effective current value Xeff 3	Float	RW	Possible
0x6401	0	CO Effective setpoint Weff	Unsigned8	RO	No
	1	CO Effective setpoint Weff 1	Float	RO	Possible
	2	CO Effective setpoint Weff 2	Float	RO	Possible
	3	CO Effective setpoint Weff 3	Float	RO	Possible
0x6402	0	CO Setpoint W	Unsigned8	RO	No
	1	CO Setpoint W 1	Float	RW	Possible
	2	CO Setpoint W 2	Float	RW	Possible
	3	CO Setpoint W 3	Float	RW	Possible
0x6403	0	CO 2nd Setpoint W2	Unsigned8	RO	No
	1	CO 2nd Setpoint W2 1	Float	RW	Possible
	2	CO 2nd Setpoint W2 2	Float	RW	Possible
	3	CO 2nd Setpoint W2 3	Float	RW	Possible
0x6404	0	CO Lower setpoint limit W0	Unsigned8	RO	No
	1	CO Lower setpoint limit W0 1	Float	RO	No
	2	CO Lower setpoint limit W0 2	Float	RO	No
	3	CO Lower setpoint limit W0 3	Float	RO	No
0x6405	0	CO Upper setpoint limit W100	Unsigned8	RO	No
	1	CO Upper setpoint limit W100 1	Float	RO	No
	2	CO Upper setpoint limit W100 2	Float	RO	No
	3	CO Upper setpoint limit W100 3	Float	RO	No
0x6406	0	CO Physical unit current value / setpoint	Unsigned8	RO	No
	1	CO Physical unit current value / setpoint 1	Unsigned32	RW	No
	2	CO Physical unit current value / setpoint 2	Unsigned32	RW	No
	3	CO Physical unit current value / setpoint 3	Unsigned32	RW	No
0x6407	0	CO Decimal digits current value / setpoint	Unsigned8	RO	No
	1	CO Decimal digits current value / setpoint 1	Unsigned8	RW	No
	2	CO Decimal digits current value / setpoint 2	Unsigned8	RW	No
	3	CO Decimal digits current value / setpoint 3	Unsigned8	RW	No
0x6410	0	CO Effective controller output Y	Unsigned8	RO	No
	1	CO Effective controller output Y 1	Unsigned16	RO	Possible
	2	CO Effective controller output Y 2	Unsigned16	RO	Possible
	3	CO Effective controller output Y 3	Unsigned16	RO	Possible
0x6415	0	CO Physical unit controller output	Unsigned8	RO	No
	1	CO Physical unit controller output 1	Unsigned32	RO	No
	2	CO Physical unit controller output 2	Unsigned32	RO	No
	3	CO Physical unit controller output 3	Unsigned32	RO	No
0x6420	0	CO Setpoint switch W/W2	Unsigned8	RO	No
	1	CO Setpoint switch W/W2 1	Boolean	RW	No
	2	CO Setpoint switch W/W2 2	Boolean	RW	No
	3	CO Setpoint switch W/W2 3	Boolean	RW	No

Index	Sub Index	Beschreibung	Datentyp	Zugriff	PDO mapping
0x6421	0	CO Automatic / manual mode A/M	Unsigned8	RO	No
	1	CO Automatic / manual mode A/M 1	Boolean	RW	No
	2	CO Automatic / manual mode A/M 2	Boolean	RW	No
	3	CO Automatic / manual mode A/M 3	Boolean	RW	No
0x6422	0	CO Controller on / off	Unsigned8	RO	No
	1	CO Controller on / off 1	Boolean	RW	No
	2	CO Controller on / off 2	Boolean	RW	No
	3	CO Controller on / off 3	Boolean	RW	No
0x6423	0	CO Controller mode	Unsigned8	RO	No
	1	CO Controller mode 1	Unsigned8	RW	Possible
	2	CO Controller mode 2	Unsigned8	RW	Possible
	3	CO Controller mode 3	Unsigned8	RW	Possible
0x6425	0	CO Control byte	Unsigned8	RO	No
	1	CO Control byte 1	Unsigned8	RW	Possible
	2	CO Control byte 2	Unsigned8	RW	Possible
	3	CO Control byte 3	Unsigned8	RW	Possible
0x6427	0	CO Status word	Unsigned8	RO	No
	1	CO Status word 1	Unsigned16	RO	Possible
	2	CO Status word 2	Unsigned16	RO	Possible
	3	CO Status word 3	Unsigned16	RO	Possible
0x7400	0	CO Effective current value Xeff (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO Effective current value Xeff (INT) 1	Unsigned16	RW	Possible
	2	CO Effective current value Xeff (INT) 2	Unsigned16	RW	Possible
	3	CO Effective current value Xeff (INT) 3	Unsigned16	RW	Possible
0x7401	0	CO Effective setpoint Weff (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO Effective setpoint Weff (INT) 1	Unsigned16	RO	Possible
	2	CO Effective setpoint Weff (INT) 2	Unsigned16	RO	Possible
	3	CO Effective setpoint Weff (INT) 3	Unsigned16	RO	Possible
0x7402	0	CO Setpoint W (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO Setpoint W (INT) 1	Unsigned16	RW	Possible
	2	CO Setpoint W (INT) 2	Unsigned16	RW	Possible
	3	CO Setpoint W (INT) 3	Unsigned16	RW	Possible
0x7403	0	CO 2nd Setpoint W2 (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO 2nd Setpoint W2 (INT) 1	Unsigned16	RW	Possible
	2	CO 2nd Setpoint W2 (INT) 2	Unsigned16	RW	Possible
	3	CO 2nd Setpoint W2 (INT) 3	Unsigned16	RW	Possible
0x7404	0	CO Lower setpoint limit W0 (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO Lower setpoint limit W0 (INT) 1	Unsigned16	RO	No
	2	CO Lower setpoint limit W0 (INT) 2	Unsigned16	RO	No
	3	CO Lower setpoint limit W0 (INT) 3	Unsigned16	RO	No
0x7405	0	CO Upper setpoint limit W100 (INT)	Unsigned8	RO	No
	1	CO Upper setpoint limit W100 (INT) 1	Unsigned16	RO	No
	2	CO Upper setpoint limit W100 (INT) 2	Unsigned16	RO	No
	3	CO Upper setpoint limit W100 (INT) 3	Unsigned16	RO	No

Object 0x6410: CO Effective controller output Y

Hexadezimalwert	Dezimalwert	Prozent Value
0xFC18	-1000	-100.0%
:::	:::	:::
0xFE0C	-500	-50.0%
:::	:::	:::
0x0000	0	0.0%
:::	:::	:::
0x1F4	500	50.0%
:::	:::	:::
0x3E8	1000	100.0%

0x6422 CO Control On/Off

Steuerbyte	Modus
TRUE	DDE parameter 12 control mode = 0 (controller active)
FALSE	DDE parameter 12 control mode = 12 (setpoint 0%)

0x6423 CO Controller mode

Steuerbyte	Modus
0x80	manufacturer specific controller type
:::	:::
0xFF	manufacturer specific controller type

Bronkhorst High-Tech B.V. Instrumente unterstützen nur Bereich 0x80h – 0x96. Es wird wie folgt verwendet:

0x80: DDE parameter 12 control mode = 0
0x81: DDE parameter 12 control mode = 1
0x82: DDE parameter 12 control mode = 2
Etc.

Wesentliche Steuerungsmodi:

Nr.	Modus	Instrument Aktion
0	Controlling	Kontrolle auf Sollwert
3	Valve closed	Kein Controller-Aktion, Ventil geschlossen
4	Controller Idle	Kein Controller-Aktion, Ventil bleibt in seine Position
8	Valve purge	Kein Controller-Aktion, Ventil vollständig geöffnet

Weitere verfügbare Betriebsarten finden Sie in:
"Betriebsanleitung für digitale MultibusMassedurchfluss- und Druckmesser/-regler"
(document nr. 9.19.023). http://www.bronkhorst.com/en/downloads/instruction_manuals/

0x6425 CO Control byte

MSB				LSB
reserviert	**Sollwertschalter**	**Manueller Modus**	**Selbst-Optimierung**	**Regler ein / aus**
7 4	3			0

Wert	Bedeutung
0	disable function
1	enable function

Self-Optimalisierung wird nicht unterstützt (immer 0)

0x6427 CO Status word

MSB										LSB
reserviert	Net Überlastung	Über-lastung	Daten nicht gültig	reserviert	Optimierung Fehler	Sollwert-schalter	**Manueller Modus**	**Selbst-Optimierung**	**Regler ein / aus**
15 11	10	9	8	7 5	4	3	2	1	0

Value	Meaning
0	not valid (not occurred)
1	valid (occurred)

Die folgenden Objekte sind an folgende DDE-Parameter abgebildet:

Index	Sub Index	Beschreibung	DDE parameter
0x6400	0	CO Effective current value Xeff	-
	1	CO Effective current value Xeff	fMeasure
0x6401	0	CO Effective setpoint Weff	-
	1	CO Effective setpoint Weff	fSetpoint
0x6402	0	CO Setpoint W	-
	1	CO Setpoint W	fSetpoint
0x6403	0	CO 2nd Setpoint W2	-
	1	CO 2nd Setpoint W2	-
0x6404	0	CO Lower setpoint limit W0	-
	1	CO Lower setpoint limit W0	Capacity 0% (read only)
0x6405	0	CO Upper setpoint limit W100	-
	1	CO Upper setpoint limit W100	Capacity (read only)
0x6406	0	CO Physical unit current value / setpoint	-
	1	CO Physical unit current value / setpoint	-
0x6407	0	CO Decimal digits current value / setpoint	-
	1	CO Decimal digits current value / setpoint	-
0x6410	0	CO Effective controller output Y	-
	1	CO Effective controller output Y	Valve output (scaled to % as described above)

Index	Sub Index	Beschreibung	DDE parameter
0x6415	0	CO Physical unit controller output	-
	1	CO Physical unit controller output	-
0x6420	0	CO Setpoint switch W/W2	-
	1	CO Setpoint switch W/W2	-
0x6421	0	CO Automatic / manual mode A/M	-
	1	CO Automatic / manual mode A/M	-
0x6422	0	CO Controller on / off	-
	1	CO Controller on / off	- (is described above)
0x6423	0	CO Controller mode	-
	1	CO Controller mode	Control mode
0x6425	0	CO Control byte	-
	1	CO Control byte	- (is described above)
0x6425	0	CO Status word	-
	1	CO Status word	- (is described above)
0x7400	0	CO Effective current value Xeff (INT)	-
	1	CO Effective current value Xeff (INT)	fMeasure [3]
0x7401	0	CO Effective setpoint Weff (INT)	-
	1	CO Effective setpoint Weff (INT)	fSetpoint [5]
0x7402	0	CO Setpoint W (INT)	-
	1	CO Setpoint W (INT)	fSetpoint [5]
0x7403	0	CO 2nd Setpoint W2 (INT)	-
	1	CO 2nd Setpoint W2 (INT)	-
0x7404	0	CO Lower setpoint limit W0 (INT)	-
	1	CO Lower setpoint limit W0 (INT)	Capacity 0% (read only) [5]
0x7405	0	CO Upper setpoint limit W100 (INT)	-
	1	CO Upper setpoint limit W100 (INT)	Capacity (read only) [5]

Der Wert von Object 0x6407:01 CO Decimal digits current value / set point wird automatisch ermittelt und optimiert während der Instrument Power-Up.

[5] Beispiel:

fMeasure = 1.15 ln/min
object 0x6407:01 CO Decimal digits current value / set point = 3
object 0x7401:01 CO Effective current value Xeff = 1.15 x (10 x 10 x 10) = 1150

object 0x6407:01 CO Decimal digits current value / set point = 4
object 0x7402:01 CO Setpoint W (INT) = 22500
fSetpoint = 22500 / (10 x 10 x 10 x 10) = 2.25 ln/min

[3] Integer16 wird mit dem Wert des Objektes 0x6407:01 skaliert.
[5] Integer16 wird mit dem Wert des Objektes 0x6407:01 skaliert.

ANHANG B: SI UNIT UND PREFIX SPEZIFIKATION

SI Unit Spezifikation				
Name	**Symbol**	**Notation Index (hex)**	**Index**	**Beschreibung**
Kilogram	kg	0x02	0x402	Mass
Second	s	0x03	0x403	Time
Kelvin	K	0x05	0x405	Temperature
Pascal	Pa	0x22	0x422	Pressure
Degree Celcius	^{o}C	0x2D	0x42D	Temperature
Litre	l	0x44	0x444	Volume
Minute	min	0x47	0x447	Time
Hour	h	0x48	0x448	Time
Bar	bar	0x4E	0x44E	Pressure
Cubic metre	m^3	0x59	0x459	Volume

prefix-Spezifikation			
Prefix	**Symbol**	**Faktor**	**Notation Index**
reserved	-	-	*0x13 – 0x7F*
exa	E	10^{18}	0x12
		10^{17}	0x11
		10^{16}	0x10
peta	P	10^{15}	0x0F
		10^{14}	0x0E
		10^{13}	0x0D
tera	T	10^{12}	0x0C
		10^{11}	0x0B
		10^{10}	0x0A
giga	G	10^{9}	0x09
		10^{8}	0x08
		10^{7}	0x07
mega	M	10^{6}	0x06
		10^{5}	0x05
		10^{4}	0x04
kilo	k	10^{3}	0x03
hecto	h	10^{2}	0x02
deca	da	10^{1}	0x01
		10^{0}	0x00
deci	d	10^{-1}	0xFF
centi	c	10^{-2}	0xFE
milli	m	10^{-3}	0xFD
		10^{-4}	0xFC
		10^{-5}	0xFB
micro	µ	10^{-6}	0xFA
		10^{-7}	0xF9
		10^{-8}	0xF8
nano	n	10^{-9}	0xF7
		10^{-10}	0xF6
		10^{-11}	0xF5
pico	p	10^{-12}	0xF4
		10^{-13}	0xF3
		10^{-14}	0xF2
femto	f	10^{-15}	0xF1
		10^{-16}	0xF0
		10^{-17}	0xEF
atto	a	10^{-18}	0xEE
reserved	-	-	*0xED – 0x80*

ANHANG C: NON-SI UNIT SPECIFICATION

Name	Symbol	Notation index (hex)	Index	Beschreibung
gram-force per square centimetre	gf/cm2	0xA0	0x4A0	pressure
pound-force per square inch	psi	0xA1	0x4A1	pressure
torr pressure	torr	0xA2	0x4A2	pressure
standard atmosphere pressure	atm	0xA3	0x4A3	pressure
meter of water pressure	mH2O	0xA4	0x4A4	pressure
inch of water pressure	"H2O	0xA5	0x4A5	pressure
feet of water pressure	ftH2O	0xA6	0x4A6	pressure
meter of mercury pressure	mHg	0xA7	0x4A7	pressure
inch of mercury pressure	"Hg	0xA8	0x4A8	pressure
cubic centimetre	cc	0xB0	0x4B0	volume
cubic millimetre	mm3	0xB1	0x4B1	volume
cubic centimetre	cm3	0xB2	0x4B2	volume
cubic foot per hour	cfh	0xB3	0x4B3	volume
cubic foot per minute	cfm	0xB4	0x4B4	volume
cubic foot per second	cfs	0xB5	0x4B5	volume
litre (normal)	ln	0xC0	0x4C0	volume (normal flow)
cubic centimetre (normal)	ccn	0xC1	0x4C1	volume (normal flow)
cubic millimetre (normal)	mm3n	0xC2	0x4C2	volume (normal flow)
cubic centimetre (normal)	cm3n	0xC3	0x4C3	volume (normal flow)
cubic metre (normal)	m3n	0xC4	0x4C4	volume (normal flow)
standard cubic foot per hour	scfh	0xC5	0x4C5	volume (normal flow)
standard cubic foot per minute	scfm	0xC6	0x4C6	volume (normal flow)
standard cubic foot per second	scfs	0xC7	0x4C7	volume (normal flow)
standard cubic centimetre per minute	sccm	0xC8	0x4C8	volume (normal flow)
standard litre per minute	slm	0xC9	0x4C9	volume (normal flow)
litre (standard)	ls	0xD0	0x4D0	volume (standard flow)
cubic centimetre (standard)	ccs	0xD1	0x4D1	volume (standard flow)
cubic millimetre (standard)	mm3s	0xD2	0x4D2	volume (standard flow)
cubic centimetre (standard)	cm3s	0xD3	0x4D3	volume (standard flow)
cubic metre (standard)	m3s	0xD4	0x4D4	volume (standard flow)